

[TRANSLATION]

**KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE**

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

Application Number: Patent Application No. 10-2003-0031796

Date of Application: May 20, 2003

Applicant(s): KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH

January 13, 2004

COMMISSIONER (sealed)



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0031796  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 05월 20일  
Date of Application MAY 20, 2003

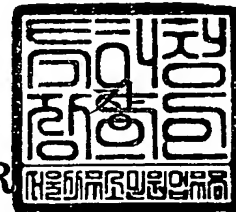
출원인 : 한국에너지기술연구원  
Applicant(s) KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH



2004 년 01 월 13 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

|             |   |
|-------------|---|
| 【서류명】       | 출원인 변경 신고서  |
| 【수신처】       | 특허청장  |
| 【제출일자】      | 2003.12.19  |
| 【구명의인(양도인)】 |   |
| 【성명】        | 강성규   |
| 【출원인코드】     | 4-2003-018871-1   |
| 【사건과의 관계】   | 출원인   |
| 【신명의인(양수인)】 |   |
| 【명칭】        | 한국에너지기술연구원  |
| 【출원인코드】     | 3-1999-900225-5   |
| 【대리인】       |   |
| 【성명】        | 홍성철   |
| 【대리인코드】     | 9-1998-000611-7   |
| 【포괄위임등록번호】  | 2003-034138-0   |
| 【포괄위임등록번호】  | 1999-027518-2   |
| 【사건의 표시】    |   |
| 【출원번호】      | 10-2003-0031796   |
| 【출원일자】      | 2003.05.20  |
| 【심사청구일자】    | 2003.05.20  |
| 【발명의 명칭】    | 슬러지 -석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법   |
| 【사건의 표시】    |   |
| 【출원번호】      | 10-2003-0031823   |
| 【출원일자】      | 2003.05.20  |
| 【심사청구일자】    | 2003.05.20  |
| 【발명의 명칭】    | 하수 슬러지-석탄 정제 응집물의 가스화 소각 방법 및 장치  |
| 【변경원인】      | 전부양도  |
| 【취지】        | 특허법 제38조제4항·실용신안법 제20조·의장법 제24조 및 상표법 제12조 제1항의 규정에 의하여 위와 같이 신고합니다. 대리인<br>홍성철 (인) |
| 【수수료】       | 26,000 원  |
| 【첨부서류】      | 1. 양도증_2통 2.인감증명서_1통  |

## 【서지사항】

【서류명】 특허출원서  
 【권리구분】 특허  
 【수신처】 특허청장  
 【제출일자】 2003.05.20  
 【발명의 명칭】 슬러지 -석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법  
 【발명의 영문명칭】 METHOD FOR TREATMENT OF SEWAGE SLUDGE BY MEANS OF SLUDGE-COAL-OIL AGGLOMERATION

## 【출원인】

【성명】 강성규  
 【출원인코드】 4-2003-018871-1

## 【대리인】

【성명】 홍성철  
 【대리인코드】 9-1998-000611-7  
 【포괄위임등록번호】 2003-034138-0

## 【발명자】

【성명】 강성규  
 【출원인코드】 4-2003-018871-1

## 【심사청구】

청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 홍성철 (인)

## 【수수료】

|           |            |           |
|-----------|------------|-----------|
| 【기본출원료】   | 20 면       | 29,000 원  |
| 【가산출원료】   | 3 면        | 3,000 원   |
| 【우선권주장료】  | 0 건        | 0 원       |
| 【심사청구료】   | 9 항        | 397,000 원 |
| 【합계】      |            | 429,000 원 |
| 【감면사유】    | 개인 (70%감면) |           |
| 【감면후 수수료】 |            | 128,700 원 |

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 슬러지의 표면에 부착되어 있는 물을 기름으로 치환 부착되게 하고 이를 스크린 방식에 의해 분리하여 탈수효과를 갖게 함으로써 기존 공정에 비해 슬러지 탈수 및 정제 처리가 훨씬 더 신속, 용이하게 효율적으로 이루어져서 슬러지 처리에 소요되는 제반 비용을 크게 절감할 수 있는 것은 물론 관련 시설을 크게 간소, 효율화할 수 있고, 또한 악취발생 및 대기오염의 우려가 없으며 탈수 슬러지를 고급의 연료로 활용할 수 있는 것 등의 장점을 제공하는, 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수슬러지 처리 방법에 관한 것이다.

본 발명은 탈수를 위한 슬러지를 소수성 및 친유성을 가지도록 물리적, 화학적, 생물학적으로 컨디셔닝을 하는 컨디셔닝 단계와; 컨디셔닝된 슬러지에 기름 및 석탄을 공급 교반하여 슬러지-석탄-기름의 응집물을 만드는 응집 단계와; 응집된 슬러지-석탄-기름 응집물의 입경을 키우는 입경키우기 단계와; 입경키우기 작업을 마친 슬러지-석탄-기름 응집물을 체로 선별 분리하는 스크리닝 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법을 제공한다.

**【대표도】**

도 2

**【명세서】****【발명의 명칭】**

슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법(METHOD FOR TREATMENT OF SEWAGE SLUDGE BY MEANS OF SLUDGE-COAL-OIL AGGLOMERATION)

**【도면의 간단한 설명】**

도1은 일반적인 기계적 탈수공정에 의한 슬러지 처리 공정도,

도2는 본 발명에 따른 슬러지 처리 공정도,

도3은 기름 첨가량 변화에 따른 슬러지-석탄 응집물의 탈수 및 회수율 변화 그래프,

도4는 교반속도 변화에 따른 슬러지-석탄 응집물의 탈수 및 회수율 변화 그래프,

도5는 교반 및 텀블링에 의한 석탄 및 슬러지-석탄 응집물의 회수율 변화 그래프.

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<6> 본 발명은 탄화수소의 소수성 특성을 이용하여 친수성 무기물질과 혼합된 현탁액 중에서 유기물질만 선별 정제 회수하는 기술을 이용하는 하수 슬러지 처리 방법에 관한 것으로, 특히 슬러지의 표면을 친유성으로 컨디셔닝(Conditioning)한 후에 기름을 미립상태에 가깝게 하여 혼합하면 소수성이면서 친유성으로 변한 슬러지 표면에 기름이 입혀지면서 이들이 서로 응집(Agglomeration) 되어 작은 구형을 형성하게 되는 것을 이용하여 슬러지를 보다 효율적으로 탈수 처리할 수 있게 한, 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법에 관한 것이다.

- <7> 본 발명의 이해를 돕기 위해 하수 슬러지 처리에 관한 일반적인 기술내용 및 현재의 기술상황을 소개하여 보면 다음과 같다.
- <8> 현재 하수 슬러지 처리 또는 처분에 이용되고 있는 단위공정은 처리목적과 기능에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.
- <9> 농축⇒혐기성소화⇒탈수⇒건조 →매립, 토양개량제
- <10> 퇴비화 → 토양개량제, 유해성검토 후 녹농지 비료
- <11> 지렁이사료 →지렁이 사육, 토양개량제
- <12> 고화 → 매립, 복토제
- <13> 소각 →매립, 소각재 건설자재화(벽돌, 시멘트 원료)
- <14> 용융 →건설자재(로반재, 경량골재, 블록), 매립
- <15> 열분해 → 가스, 오일, 차르등의 연료화
- <16> 육상매립
- <17> 해면매립
- <18> 해양투기
- <19> 위와 같이 슬러지 처리공정은 전처리 프로세스 및 중간처리 프로세스 그리고 최종처분 프로세스로 구분할 수 있다. 전처리 프로세스라고 하는 것은 농축, 소화, 기계탈수와 같이 감량화를 주요 목적으로 하고 있다. 중간처리 프로세스는 최종처

분을 위하여 탈수케이크를 감량 또는 안정화시키는 공정으로 퇴비화, 소각, 용융, 고화 등이 이에 해당한다. 한편, 최종처분 처리공정에서 발생하는 최종산물을 매립 또는 재이용하는 경우도 있으나 대부분 매립은 건조전에 행해지고 있으며, 이로 인한 침출수 문제 등이 발생되고 근래에는 육상/해면 매립 및 해양 투기가 금지되는 추세여서, 대량처리의 방안으로 소각이 각광을 받고 있다.

<20> 소각은 공기중의 산소를 이용하여 가연성물질을 연소시키는 방법으로 최근의 매립지란 해소를 위한 폐기물의 감량화, 유기물의 무기물화를 위한 부패성물질 처리를 위한 안정화 등의 폐기물의 처리공법으로도 많이 이용되고 있다. 또한 연소시 발생하는 폐열을 이용하여 발전이나 난방 등으로 재이용할 수 있어 오래전부터 도시 폐기물처리 등에 많이 활용되어 왔으며, 유해폐기물의 경우 슬러지 특성상 안정화 및 안전화 효과보다는 매립장의 한계 등을 극복하기 위한 감량화 문제가 우선시되면서 대도시를 위주로 추진되어 왔다. 선진국에서는 대도시를 중심으로 기존의 매립방법에서 소각으로 전환하고 있는 추세이다.

<21> 소각처리의 장점으로는 위생적인 처분이 가능하고, 부패성이 없고, 탈수 케이크에 비해 혐오감이 없으며, 슬러지 용적이 최초용적의 10~20%로 감소되는 것등의 장점이 있다.

<22> 그러나 하수종말처리장에서 발생하는 농축슬러지는 대부분 수분이 98% 이상으로 이를 탈수하여야 하는데, 도1에서 보는 바와 같은 일반적인 기계적 탈수공정을 통해 수분을 75-85% 정도까지 탈수할 수 있다.

<23> 이러한 탈수과정을 마친 슬러지는 다시 건조과정을 거친 후에 소각하는데 이들 슬러지의 발열량은 다음과 같다.



<24>

| 슬러지 유형      | 중 고형물 중 발열량(kJ/kg) |        |
|-------------|--------------------|--------|
|             | 범위                 | 대표치    |
| 생슬러지        | 23,000-29,000      | 25,000 |
| 잉여 슬러지      | 20,000-23,000      | 21,000 |
| 혐기성소화 슬러지   | 9,000-14,000       | 12,000 |
| 화확침전 슬러지    | 14,000-18,000      | 16,000 |
| 생물학적 처리 슬러지 | 16,000-23,000      | 20,000 |

<25> \* 1kJ = 0.2389kcal

<26> 한편, 슬러지중 중금속의 함유량은 도시마다, 계절마다 다른데, 선진국의 경우 하수슬러지에 포함된 금속 성분의 분석 자료의 일례는 다음과 같다.

<27>

| 성분 | 범위(ppm)      | 평균(ppm) | 성분 | 범위(ppm)     | 평균(ppm) |
|----|--------------|---------|----|-------------|---------|
| Ag | <3-7         | 3       | K  | 920-1,900   | 1,300   |
| Al | 5,400-12,000 | 9,000   | Li | <2-7        | 2       |
| Ba | 47-50        | 170     | Mg | 880-7,400   | 1,600   |
| Ca | 5,900-17,000 | 9,800   | Mn | 50-240      | 130     |
| Cd | 2-22         | 9       | Na | 1,800-7,400 | 4,500   |
| Co | <3-5         | 3       | Ni | 9-90        | 22      |
| Cr | 20-100       | 55      | Pd | 110-1,500   | 330     |
| Cu | 80-900       | 350     | Sb | 20-40       | 45      |
| Fe | 1,000-3,500  | 2,300   | Sn | <20-40      | 20      |
| Hg | 0.66-1.9     | 1.2     | Zn | 200-2,500   | 780     |

<28> 실제 상업적으로 사용되고 있는 하수 슬러지 탈수는 원심력을 이용하는 것과, 상의 분압차를 이용하는 진공탈수의 것과, 압착하여 하는 방법으로 모두 여재를 사용하는 여과 방식이다. 그밖에 농축조의 슬러지를 모래 여재층을 사용하여 고-액 분리한 다음 자연 건조토록 방지하는 라군(lagoon)법등이 있는데 이들에 대한 장단점은 다음과 같다.

1020030031796

출력 일자: 2004/1/15

<29>

| 탈수방법       | 장점   | 단점  |
|------------|--|---|
| 원심분리탈수     | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 주변 청결, 악취오염 적음, 기동/정지 운전 용이</li> <li>· 탈수율이 비교적 높음</li> <li>· 용량에 비해 시설비 저렴</li> <li>· 타 설비에 비해 장치 차지면적이 적음</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>· Scroll 마모가 커서 장치 유지비가 큼</li> <li>· 모래나 단단한 무기물질을 유입 쪽에서 사전 제거가 필요함</li> <li>· 운전을 위한 숙련공이 필요</li> <li>· 적당한 여과 보조재 필요</li> </ul> |
| 연속식 압착 탈수  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지 소비가 적음</li> <li>· 비교적 저가의 시설 및 운전비</li> <li>· 기계적인 구조가 간단하여 유지보수가 용이</li> <li>· 탈수율 제고를 위한 고압 운전 가능</li> <li>· 운전 정지가 대단히 용이</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 악취발생이 심함</li> <li>· 슬러지가 미세하고 큰 이물질 유입을 완전히 제거해야 함</li> <li>· 유입 슬러지 조건에 따라 운전이 민감함</li> <li>· 완전 자동 운전은 바람직하지 않음</li> </ul>     |
| 회분식 압착 탈수  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 탈수효과가 큰 여과 케이크 생성</li> <li>· 여과 효과가 우수하여 여과액 중의 부유물질이 적음</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 불연속 운전으로 인건비 고가</li> <li>· 장치비 고가 및 지지구조물 필요</li> <li>· 작업을 위한 큰 공간과 숙련공 필요</li> <li>· 많은 여과 화학첨가물 투입으로 슬러지 추가 발생</li> </ul>     |
| 슬러지 건조상(床) | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 공간만 허용된다면 시설비 가장 저렴</li> <li>· 슬러지 유입조건에 비교적 둔감할 수 있어, 미숙련자 운전 가능</li> <li>· 적은 에너지 소모, 적은 화학 첨가제 소요</li> <li>· 기계적 방법에 비해 높은 고형물질을 얻음</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 넓은 지면이 필요함</li> <li>· 소화된 슬러지가 있어야 함</li> <li>· 기후에 민감하고, 동절기 운전이 곤란함</li> <li>· 슬러지 제거 및 농축조 청소에 집중적인 노동이 필요함</li> </ul>        |

<30>        한편, 슬러지나 고체 미생물의 탈수공정에 있어서는 탈수 특성을 개선하기 위하여 화학적인 컨디셔닝(Conditioning)이나 안정화 조치를 취한다. 화학적인 컨디셔닝 이외에도 물리적인 가열 방법 및 냉동 이용법(Freeze-thaw methods) 등이 있는데, 이들 조작은 매우 비경제적으로 제한적인 목적으로 소규모 공정에서 이용되고 있다.

<31>        화학적 컨디셔닝 방법은 타방법에 비해 회수율도 높고 다른 공정과의 적용이

용이하여, 슬러지를 탈수하는데 가장 경제적인 방법으로 평가된다. 이 방법은 처리 대상 슬러지에 따라 다르지만 보통 유입 슬러지의 수분 농도가 90-99%인 것을 65-85% 정도로 낮출 수 있다. 화학적 컨디셔닝은 슬러지와 슬러지 고체물질 간에 단순한 응집(coagulation)을 형성시킴으로써 흡수된 물을 방출토록 하여 탈수되도록 한다. 이 방법은 보다 정교한 탈수를 요하는 곳에 사용되는데, 원심탈수, 벨트-필터 프레스(Belt-filter press), 프레스 필터(Pressure Filter) 등에 사용한다. 화학약품으로는 염화철, 석회석, 백반(Alum) 및 고분자 물질 등이 사용된다. 여기서, 고분자 화학약품을 사용하는 경우는 추가적인 비가연성 무기물 슬러지 발생은 없지만, 염화철이나 석회석을 사용하는 경우는 건조 슬러지 기준으로 20-30%의 슬러지가 추가 발생되고 있다. 화학물질 선정에 있어서는 유입 슬러지의 농도 및 반응특성에 따라 용액의 pH나 알칼리도 및 반응시간 유지 등을 달리 조절한다. 예로서, 높은 정도의 탈수를 위해서는 석회석을 많이 투입하여 pH와 알칼리도를 높이는데, 이에 따라 슬러지 탈수과정에서 암모니아 가스가 다량 발생되고 추가 슬러지 양이 증가되게 된다. 화학약품 선정은 탈수 방법에 의해서도 좌우되는데, 고분자 물질은 원심탈수나 벨트-필터 프레스 공정에서는 많이 사용되나, 프레스 필터에는 적합치 않다. 일반적으로 첨가되는 슬러지 양은 슬러지 특성에 따라 다르지만 탈수가 어려울수록 첨가량은 증가하며, 건조 케이크 생성이 어렵고 여과효율도 떨어지게 된다. 일반적으로 미처리된 1차 슬러지가 탈수하기 제일 용이하고, 미처리 슬러지가 함유된 혼합 슬러지, 혐기성처리 슬러지 및 호기성 슬러지 순으로 된다.

<32> 그 밖의 컨디셔닝 기술로는 열처리법(Heat treatment), 예열처리법 (Preheating), 냉동법(Freeze-thaw method)등이 있는데, 열처리법은 슬러지의 컨디셔닝과 안정화를 도모하기 위해 행해지는 것으로, 가압하에서 짧은 시간동안 가열하여 슬러지의 겔-구조를 파괴하고 슬러지 친수성을 감소시켜 미생물의 내부 수분까지도 제거할 수 있어 탈수케이크의 수분 농도를

30-50%까지 저감할 수 있으며, 추가의 다른 컨디셔닝이 필요치 않아 약 30kJ/g의 슬러지를 형성할 수 있으나, 열처리 과정에서 암모니아 등의 악취가스가 다량 발생되며, BOD가 높은 상등액이 발생되어 폐수 및 대기의 2차처리가 반드시 필요하고 시설비가 상당히 고가여서 부분적으로 소규모에서 사용된다.

<33>        또, 예열처리법은 슬러지를 60℃ 정도까지 예열한 상태에서 탈수하면 탈수효과를 6% 정도 높일 수 있다는 점을 이용하는 것이다. 그러나 이 방법은 여과 처리수 중의 BOD가 상승되어 이를 재순환처리하여야만 하는 문제가 있는 바, 이는 폐열을 이용할 수 있는 곳에서는 효과적인 방안 중의 하나이다.

<34>        또, 냉동법은 냉동과 해동 조작을 반복하면 슬러지의 젤리(Jelly)와 같은 구조가 작은 입상으로 되면서 여과 저항이 저하하여 탈수가 원활하게 되는 것을 이용하는 것이다. 이 방법은 비교적 탈수가 어려운 물질에 효과적인데, 부착수분(Bound water)은 어려우나 다른 수분에 대해서는 탈수 조작이 비교적 용이하여 잔유 케이크중 수분을 25-40%까지 줄일 수 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<35>        본 발명은 이러한 배경에서 연구된 것으로, 그 목적은 슬러지의 표면에 부착되어 있는 물을 기름으로 치환 부착되게 하고 이를 스크린 방식에 의해 분리하여 탈수효과를 갖게 함으로써 기존 공정에 비해 슬러지 탈수 및 정제 처리가 훨씬 더 신속, 용이하게 효율적으로 이루어져서 슬러지 처리에 소요되는 제반 비용을 크게 절감할 수 있는 것은 물론 관련 시설을 크게 간소, 효율화할 수 있고, 또한 악취발생 및 대기오염의 우려가 없으며 탈수 슬러지를 고급의 연료로 활용할 수 있는 것 등의 장점을 제공하는, 더욱 개선된 하수 슬러지 처리 방법을 제공하고자 하는 것이다.

## 【발명의 구성 및 작용】

- <36> 이하에서, 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명을 첨부 도면 및 실시예를 참조하여 더욱 구체적으로 설명한다.
- <37> 본 발명은 탄화수소의 소수성 특성을 이용하여, 친수성 무기물질과 혼합된 현탁액 중에서 유기물질만 선별 정제 회수하는 기술을 이용하는 것으로, 슬러지 표면을 친유성으로 컨디셔닝한 후에 기름을 미립상태에 가깝게 하여 혼합하면, 소수성이면서 친유성으로 변한 슬러지 표면에 기름이 입혀지면서 이들이 서로 응집(Agglomeration)되면서 작은 구형을 형성하게 된다. 이 때 작고 단단한 응집물이 형성되면 슬러지 표면의 부착수분이 감소하게 되고, 금속이나 회재 성분등의 미응집물과의 선별분리와 탈수도 용이하여진다. 그러나, 슬러지와 기름만으로는 단단한 응집의 형성이 어려운 경우에는 친유성의 응집 보조제를 혼합하는데, 예로서 석탄을 혼합하여 응집과 탈수효과를 높이고 연료로 사용효과를 높일 수 있다.
- <38> 도2는 본 발명에 따른 하수 슬러지 처리의 전체적인 공정을 개념적으로 나타낸 공정도이다.
- <39> 도2를 참조하여 설명해 보면, 하수종말처리장으로 유입되는 오수, 생활폐수 및 축산폐수와 이를 호기성 또는 혐기성 소화처리한 슬러지 및 침전지 여과를 마친 1차 슬러지 등이 농축조에서 탈수조로 보내지거나 반송되는데, 탈수를 위한 슬러지를 소수성을 가지도록 화학적 또는 물리적 컨디셔닝을 한다. 컨디셔닝은 슬러지 상태에 따라 다른데, 경우에 따라서는 생략할 수도 있다.
- <40> 기름응집은 고체입자와 고체입자를 뭉치게 가교(Bridging) 역할을 하는 기름의 친화력이 가장 중요하며, 또한 기름의 농도에 따라 펜둘라(Pendular), 퍼니쿨라(Funicular), 캐필러리



(Capillary), 서스펜디드(Suspended) 등의 상태로 구분하는데, 보통 퍼니쿨라 상태가 응집강도가 양호하며 서스펜디드 상태에서는 응집강도가 극히 저하한다.

- <41>        응집강도는 보통  $(1-\text{공극률})/(\text{응집물 직경}^2)$ 의 관계가 있다. 따라서, 응집물의 직경과 공극율을 가급적 작게 유지하여 한다. 이를 위해서는 작은 입경의 기름방울 형성이 중요하며, 응집물의 공극율을 줄일 수 있는 방안이 필요한데, 이는 기계적 교반에 의해 쉽게 달성할 수 있다. 특히 교반 속도를 빠르게 할수록 단단하고 입경이 작은 응집물을 형성할 수 있으나, 교반 속도가 지나치게 높으면 응집이 형성되지 않게 된다.
- <42>        석탄과 기름의 공급은 분탄, 석탄/물 슬러리, 석탄/물/기름 등으로 공급할 수도 있고, 기름 공급은 슬러지와 기름의 가교 특성에 따라 순서를 달리할 수 있으며, 교반속도도 특성에 따라 고속과 저속으로 단계적으로 변화시킬 수 있으며, 교반시간도 이에 따라 달라진다.
- <43>        예를 들어 설명하자면, 상기 기름응집 단계는 컨디셔닝한 슬러지에 석탄과 기름을 주입하면서 고속 교반하여 직경  $500\mu\text{m}$ 이상의 슬러리-석탄-기름 응집물을 형성하는 작업으로 이루어지고, 이러한 작업 후에 응집물의 응집강도를 높이도록 하는 조작이 가해지는 것으로 이루어질 수 있다.
- <44>        또, 상기 기름응집 단계는 컨디셔닝한 슬러지에 컨디셔닝한 석탄과 기름을 동시에 투입하여 함께 기름응집을 하는 것으로 이루어질 수도 있다.
- <45>        또, 상기 기름응집 단계는 컨디셔닝한 슬러지와 컨디셔닝한 석탄에 대해 각각 1차 기름 응집을 시킨 후에 다시 합하여 2차 응집 조작을 하는 것으로 이루어질 수도 있다.
- <46>        또, 상기 기름응집 단계는 컨디셔닝한 슬러지에 대해 1차 기름 응집후 컨디셔닝한 석탄과 기름을 넣고 2차 응집 조작을 하는 것으로 이루어질 수도 있다.

- <47>        또, 상기 기름응집 단계는 컨디셔닝한 석탄에 대해 1차 기름응집후 컨디셔닝한 슬러지를 넣고 2차 응집 조작을 가하는 것으로 이루어질 수도 있다.
- <48>        여기에서 사용되는 기름은 중유, 경유, 등유, 식용유, 폐식용유, 아주까리기름, 피마자유, 대두유, 대마유, 폐윤활유 또는 이들을 혼합한 합성 기름중의 하나 또는 하나이상을 선택할 수 있다.
- <49>        입경키우기(Size enlargement)는 슬러지와 보조 응집물과의 결합강도를 높이기 위한 것으로서, 본 발명에서 가능한 것으로 교반(Agitation)형, 회전(Tumbling)형, 디스크(Disk)형, 드럼(Drum)형등의 방법이 있는데, 기름응집 공정에서의 응집상태에 따라 생략할 수도 있고, 기름 또는 제3의 유기 응집제를 추가할 수도 있다.
- <50>        입경키우기 작업을 마친 슬러지/석탄 응집물의 입경은 보통 0.5 - 3mm 정도로 형성되어 48mesh 이하의 체를 사용하면 선별적으로 분리할 수 있다. 또한, 응집물중 일부 미립의 무기 부유물이 들어 올 수 있으므로 깨끗한 물로 분무시키면 크게 향상된 정제 슬러지/석탄 응집물을 얻을 수 있다.
- <51>        슬러지 탈수 및 컨디셔닝에 있어서, 본 발명과 종래의 기술과는 다음 <표1>과 같은 차이가 있다.
- <52> <표 1>

&lt;53&gt;

| 구분             | 종래기술   | 본 발명   |
|----------------|--|--|
| 탈수 방법          | 물리적 여과   | 스크리닝   |
| 탈수 슬러지 상태      | 슬러지-슬러지 응집   | 슬러지-석탄-오일 응집   |
| 컨디셔닝<br>목적과 방법 | 슬러지간 응집이 용이도록 pH와 알칼리도를 조절하고 고분자물질을 첨가하며, 여재층의 탈수가 용이도록 석회석 등의 무기물질을 첨가함.                | 슬러지 표면이 소수성을 갖도록 pH와 알칼리도를 조절하고 고분자물질을 첨가한 후에 석탄과 기름을 첨가하면서 교반하여 작은 응집물이 형성되도록 조작함.    |
| 탈수 케이크 특성      | 함수율 : 65 - 80%<br>슬러지 발생량 : 유입량보다 증가<br>발열량 : 1,200 - 1,800 kcal/kg<br>중금속 잔존 여부 : 다량 함유 | 함수율 : 40 - 65%<br>슬러지 발생량 : 유입량보다 감소<br>발열량 : > 6,500 kcal/kg<br>중금속 잔존 여부 : 극소량 함유    |
| 작업 공정 특성       | 공정 특징 : 여과<br>탈수 시간 : 비교적 김<br>탈수 작업 조건 : 복잡, 숙련 필요<br>추가 필요공정 : 건조, 중금속 오염 방지 조치        | 공정 특징 : 스크리닝<br>탈수 시간 : 극히 짧음<br>탈수 작업 조건 : 간단, 숙련 불필요<br>추가 필요공정 : 무기물질 침전/분리 및 탈수 공정 |
| 탈수 슬러지 활용성     | 기존 슬러지 이용 분야   | 응집 슬러지 - 청정 고급연료화<br>비용집 폐기물 - 골재 자재, 매립   |
| 다이옥신 발생 여부     | 생활하수 중의 염분 잔존으로 소각시 다이옥신 발생 가능성 있음   | 소수성 물질 응집 분리로 응집물 중 염분 잔존량 크게 경감.  |

<54> 위와 같은 본 발명은 슬러지의 표면에 부착되어 있는 물을 기름으로 치환 부착되게 하고 이를 스크리닝 방식에 의해 분리하여 탈수효과를 갖게 함으로써 기존 공정에 비해 탈수에 소요되는 장치비, 운전비, 인건비 및 장비 교체 유지비 등을 크게 절감할 수 있다.

<55> 기존 공정에서 발생된 슬러지는 함수율이 높아 소각이나 타 지역으로의 이송을 위해서는 건조 공정이 필요하고, 발열량이 낮아 보조연료가 필요한 경우가 있다. 그러나, 본 발명에 따라 처리된 슬러지는 가연성의 석탄 및 연료유를 사용하고 슬러지중의 무기성분은 제거하여 발열량이 매우 높은 고급 연료로 사용될 수 있게 된다. 이를 하수종말처리장 인근에서 처리하면 수송비 등을 절감할 수 있으며, 이 때 열병합 발전 또는 지역 냉난방 목적의 연료로의 전환이 가능하다. 또한 기존의 슬러지에는 중금속 성분과 회재 성분이 많이 포함되어 건조시 악취 발생이 심하고 소각시 회재가 용융되거나 비산되어 고도의 대기오염 방지 시설이 필요하나, 본 발명은 이들 시설을 극히 간단화할 수 있으며 작업 환경도 매우 청결하게 유지할 수 있는 장점이 있다.

<56> 한편, 종래 탈수 슬러지는 비료 및 사료로 전환이 가능하나 본 공정의 슬러지는 연료유가 함유되어 비료나 사료로의 사용은 불가능하다. 그러나 기름을 식용유 등으로 대체하면 보다 더 정제된 유효한 사료로의 전환이 가능한 것으로 전망된다.

<57> 실시예

<58> 가. 탈수율 및 회수율 증대효과

<59> 슬러지 탈수는 유기물질 응집의 가교역할을 하는 기름에 의해 지배적인 영향을 받는데, 동일 석탄과 슬러지 및 다른 인자를 고정한 상태에서 기름의 첨가량을 변경하였을 때 응집물의 수분 농도 및 석탄과 슬러지의 유기물질 회수농도 변화는 도3과 같은 특성이 있다. 기름의 농도가 낮은 경우 유기물질과 기름의 적심 상태가 펜둘라(Pandular) 상태로 응집력이 약한 느슨한 상태로 되어 유기물 입자간에 잔존하는 수분 등으로 수분 농도가 높게 되고, 응집이 충분이 형성되지 않아 회수율이 저하한다. 그러나, 기름의 농도를 높이면 퍼니쿨라(Funicular) 상태로 되면서 수분 농도도 낮아지고 회수율은 크게 향상되며, 그 이상 계속 기름 농도를 높이면 캐필러리(Capillary)상태로 되나 수분 농도나 회수율의 변화는 거의 없는 상태에 도달한다.

<60> 한편, 동일 조건에서 교반 속도는 응집물 형성과 응집물 파괴 및 기름의 미립자 형성에 영향을 미친다. 도4는 슬러지 컨디셔닝후에 석탄과 기름을 일정량 넣고 교반속도를 변경한 경우 수분농도와 유기물질 회수율의 변화를 보여 준다. 교반속도가 지나치게 낮은 경우는 기름의 분산이 전혀 이루어지지 않아 응집물이 형성되지 못하고 일부 기름에 적셔진 석탄 및 슬러지 유기물들은 기름의 현탁(Suspended) 상태로 남아 체의 기공이 작은 경우는 에멀존과 같이 되어 체 눈금을 막아버리게 된다. 교반속도가 어느 정도 강하게 되면 회수율은 급격히 상승되면서 함수율도 낮아지게 된다. 그러나 교반속도가 지나치게 높아지면 응집물의 직경도 작아지고 함수율은 낮아지나 응집물의 회수율이 저하되게 된다. 교반속도는 유기물질과의 접촉각에 따라 다르나 연료유의 점도가 높으면 교반속도를 높게 유지하여야 하며, 장치 형상에 따라 필요한 전단력 힘은 다르나, 회분식 장치에서와 연속식 장치에서는 거의 같은 수준으로 유지된다. 특히 교반속도가 일정 수준에서는 함수율이나 회수율에 크게 영향을 미치지 않는다.

<61> 유기물질의 물성과 기름과의 친화력(Affinity)이 서로 다른 석탄과 하수 슬러지를 기름 응집시킬 때 단일 기름응집만으로는 효율이 저하된다. 이를 보완하기 위하여 교반을 2단 또는

텀블링(Tumbling)으로 나누어 실시하면 보다 효율적인데, 석탄과 슬러지를 3000rpm 속도로 10분간 교반한 후에 석탄은 다시 별도의 텀블러(Tumbler)로 실험하였고, 슬러지/석탄은 동일 반응기에서 같은 전단력으로 저속 교반한 실험 결과는 도5와 같다.

<62> 2단 교반 및 텀블링에 의한 효과는 석탄의 경우는 별 차이가 없었으나, 슬러지의 경우는 매우 유효하였으며, 특히 슬러지/석탄 응집물의 동시 회수에는 적합한 방안이다. 석탄의 경우는 텀블링 시간에 의한 영향이 거의 없으나 슬러지/석탄의 경우는 적어도 5분 이상 연장하는 것이 바람직하다.

<63> 나. 중금속 정제 및 발열량 개선 효과

<64> 실험에 사용한 석탄 중 회분은 9.09%, 발열량은 6,690 Kcal/kg이었으며, 사용한 슬러지 중 비휘발성 물질 함유량은 혼합 슬러지의 경우 약 30%, 호기처리 슬러지의 경우 12.5% 정도, 혐기소화 슬러지의 경우 38%이었으며, 이들의 발열량은 약 1,200 ~ 1,800 kcal/kg이었다. 여기에 발열량이 10,450 kcal/kg인 중유 A를 사용하여 슬러지-석탄-기름 응집을 행한 결과는 다음 <표2>와 같다.

<65> <표 2>

<66> 슬러지-석탄-기름 응집물중의 무기성분(회재) 및 발열량 차이 일례

<67>

| 슬러지 명 | 석탄/슬러지 | 기름/슬러지 | 응집물 수분(%) | 회분(%) | 발열량(kcal/kg) |
|-------|--------|--------|-----------|-------|--------------|
| 혼 합   | 5.68   | 1.99   | 63.0      | 4.26  | 7.410        |
| 호기처리  | 4035   | 1.74   | 29.7      | 5.17  | 7.351        |
| 혐기소화  | 1.43   | 0.43   | 33.5      | 3.06  | 7.139        |

<68> 석탄과 슬러지의 적정 배합 비율은 슬러지와 석탄의 물성관계에 지배되지만 <표2>는 혼합 농축 슬러지와 호기처리 및 혐기소화 슬러지를 무게 비율로 1로 기준하여 석탄 혼합비는 1~5 정도 조정한 것으로서, 이 때에 기름 투입량은 슬러지 기준 0.4 ~ 2.0 정도 투입한 결과 응집물의 발열량은 7,140 ~ 7,400 kcal/kg 정도로 높아지며, 응집물중의 회분 농도는 3 ~ 5.2%로 유입 석탄이나 슬러지의 무기물 함유량보다 낮은 정제된 슬러지를 회수할 수 있었다.

<69> 한편, 기름 응집에 의한 무기물 분리 중 유황 성분에 대한 적용 예는 <표3>과 같다. <표3>은 전처리 조작이 없는 단순한 기름응집 조작에 의한 것인데 유황 성분 중에 친수성인 유산염(Sulfate)은 비교적 용이하게 분리되며, Pyrite도 석탄 조직과 유리된 것들은 분리되나, Organic sulfate는 응집물 속에 존재한다.

<70> 유입 슬러지 중의 Na 함유량은 4765ppm 정도였으나 정제 슬러지 중의 Na 함유량은 10ppm 미만 정도로 낮아져 특히 중금속 정제/분리에 탁월한 효과가 있는 것으로 나타났다.

<71> <표3> 기름 응집에 의한 석탄의 탈황 효과

<72>

단위 : %

<73>

| 석탄명      | 기름응집전 사용 원료탄 |         |        |           | 제 2 액체 |      | 기름응집후 정제탄 |         |        |           |
|----------|--------------|---------|--------|-----------|--------|------|-----------|---------|--------|-----------|
|          | Total S      | Sulfate | Pyrite | Organic S | 종류     | 첨가량  | Total S   | Sulfate | Pyrite | Organic S |
| (국내) 은성탄 | 0.92         | 0.05    | 0.52   | 0.35      | 경유     | 12.5 | 0.59      | 0.00    | 0.36   | 0.23      |
| (국내) 장성탄 | 0.46         | 0.02    | 0.42   | 0.02      | 등유     | 15   | 0.24      | 0.00    | 0.14   | 0.10      |
| (국내) 장성탄 | 0.46         | 0.02    | 0.42   | 0.02      | 경유     | 15   | 0.35      | 0.00    | 0.17   | 0.18      |
| (수입) 남아공 | 0.99         | 0.38    | 0.42   | 0.19      | 경유     | 30   | 0.90      | 0.05    | 0.32   | 0.53      |
| (중국) 대동탄 | 0.81         | 0.19    | 0.40   | 0.22      | 경유     | 35   | 0.68      | 0.03    | 0.19   | 0.46      |

<74> 다. 색도, 탁도 및 COD 개선 효과

<75> 응집 반응기로 유입되는 호기성 처리 슬러지의 TCOD는 10700ppm 정도이면서, 자외선광 투과도는 275nm 파장에서 약 74% 이었으나, 슬러지-석탄-기름 응집 후의 투과도는 92% 이상으로 높아졌으며, 약간 탁한 상태인데 이것도 대부분 회재 잔유물 때문인 것으로 COD가 290ppm 정도로 크게 개선되었다. 혐기소화 슬러지의 경우는 275nm 파장에서 33% 정도였으나 응집 조작 후의 투과도는 82% 정도로 크게 개선되었으며, 혼합 슬러지의 경우는 동일 파장에서 59%에서 74% 정도로 약간 저조하였다. 이는 혼합 슬러지중에 침전조를 거친 1차 슬러지 때문에 기인된 것으로 일반적으로 슬러지에 대한 기름 응집조작으로 색도와 탁도 및 COD는 크게 개선할 수 있다.

#### 【발명의 효과】

<76> 이상에서 상세히 설명한 바와 같은 본 발명은 슬러지 표면의 물을 기름성분으로 치환 응집시키고 스크리닝하여 슬러지를 탈수 정제 처리하도록 된 새로운 개념의 하수 슬러지 처리 방법으로서, 여과 탈수 등에 의한 기존의 슬러지 처리 기술에 비해 슬러지의 탈수 처리가 보다 신속, 용이하게 효율적으로 이루어지는 것은 물론 관련 시설을 크게 간소효율화할 수 있고, 악취 및 공해발생이 적으며, 처리된 슬러지를 고급의 연료로 활용할 수 있는 것등의 신규유용한 효과를 제공하는 것이다.



**【특허청구범위】****【청구항 1】**

탈수를 위한 슬러지를 소수성 및 친유성을 가지도록 물리적, 화학적, 생물학적으로 컨디셔닝을 하는 컨디셔닝 단계와;

컨디셔닝된 슬러지에 기름 및 석탄을 공급 교반하여 슬러지-석탄-기름의 응집물을 만드는 응집 단계와;

응집된 슬러지-석탄-기름 응집물의 입경을 키우는 입경키우기 단계와;

입경키우기 작업을 마친 슬러지-석탄-기름 응집물을 체로 선별 분리하는 스크리닝 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 응집 단계가 컨디셔닝한 슬러지에 석탄과 기름을 주입하면서 고속 교반하여 직경  $500\mu\text{m}$  이상의 슬러지-석탄-기름 응집물을 형성하는 작업으로 이루어지고, 이러한 작업 후에 응집물의 응집강도를 높이도록 하는 조작이 가해지는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서, 상기 응집 단계가 컨디셔닝한 슬러지에 컨디셔닝한 석탄과 기름을 동시에 투입하여 함께 기름응집을 하는 것으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서, 상기 응집 단계가 컨디셔닝한 슬러지와 컨디셔닝한 석탄에 대해 각각 1차 기름응집을 시킨 후에 다시 합하여 2차 응집 조작을 하는 것으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 5】**

제1항에 있어서, 상기 응집 단계가 컨디셔닝한 슬러지에 대해 1차 기름응집후 컨디셔닝한 석탄과 기름을 넣고 2차 응집 조작을 하는 것으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 6】**

제1항에 있어서, 상기 응집 단계가 컨디셔닝한 석탄에 대해 1차 기름 응집후 컨디셔닝한 슬러지를 넣고 2차 응집 조작을 하는 것으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 7】**

제1항에 있어서, 상기 응집 단계가 이루어진 후 응집물을 애지테이터, 팬 디스크, 텀블러 등으로 저속 교반하여 응집강도를 높이는 조작이 가해지는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 8】**

제1항에 내지 제7항중 어느 한 항에 있어서, 상기 응집 단계에서 사용되는 기름은 중유, 경유, 등유, 식용유, 폐식용유, 아주까리기름, 피마자유, 대두유, 대마유, 폐윤활유 또는 이들

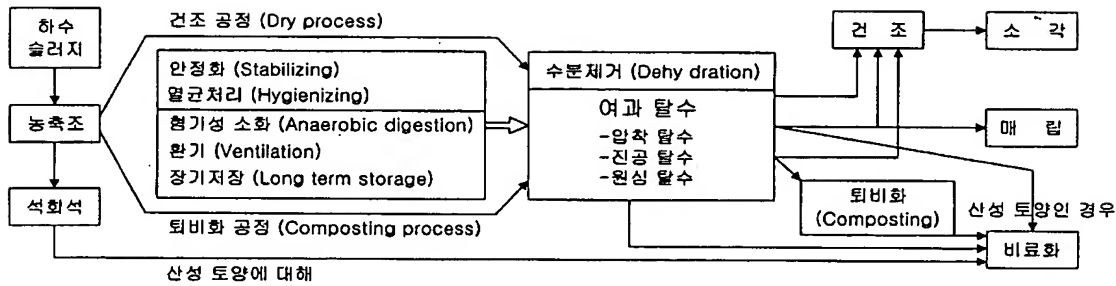
을 혼합한 합성 기름중의 하나인 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

**【청구항 9】**

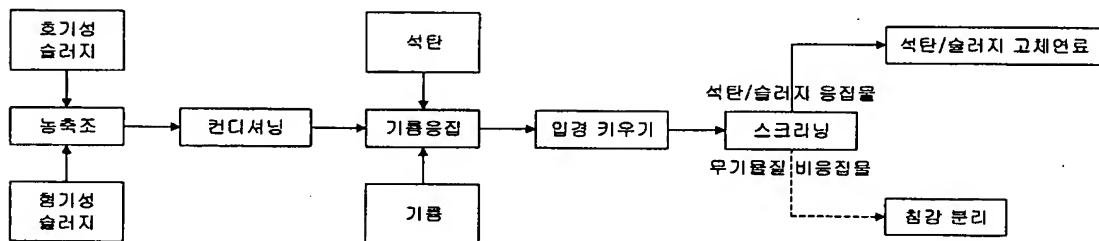
제1항 내지 제7항중 어느 한 항에 있어서, 상기 응집 단계를 거쳐 얻어진 응집물과 비응집물을 선별 분리하면서 응집물에 대한 분무 세정을 행한 후 탈수를 이루는 것을 특징으로 하는 슬러지-석탄-기름 공동응집법에 의한 하수 슬러지 처리 방법.

【도면】

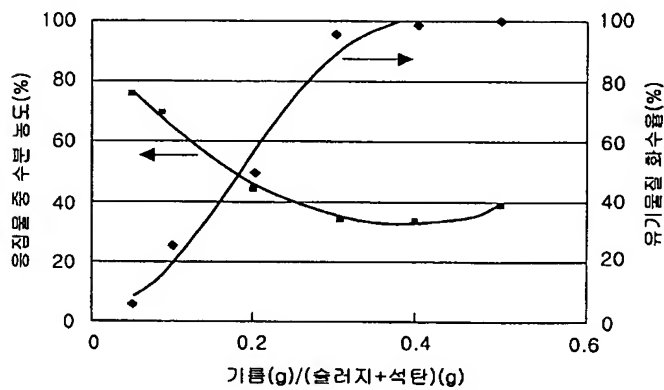
【도 1】



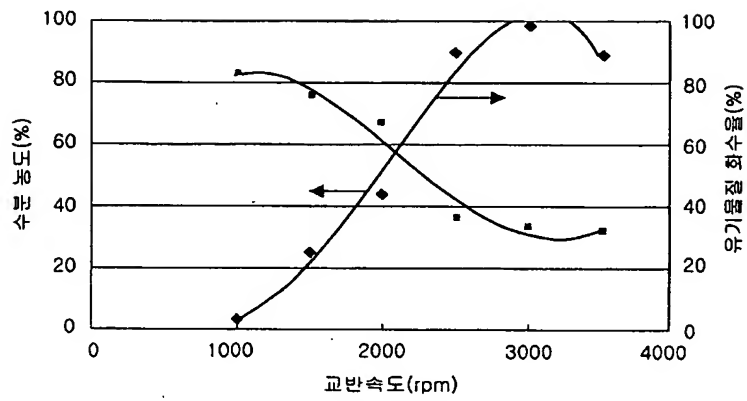
【도 2】



【도 3】



【도 4】



【도 5】

